

KAJIAN KESELAMATAN OPERASI RSG-GAS DENGAN ENERGI TERBANGKIT 660 MWD MENGUNAKAN PROGRAM BATAN-2DIFF

Jaja Sukmana, A. Mariatma, Jonnie A. Korua
Bidang Keselamatan Kerja, PRSG-BATAN

ABSTRAK

KAJIAN KESELAMATAN OPERASI RSG-GAS DENGAN ENERGI TERBANGKIT 660 MWD MENGGUNAKAN PROGRAM KOMPUTER BATAN-2DIFF. Pengoperasian suatu reaktor nuklir senantiasa harus didukung dengan desain sistem keselamatan. Perhitungan menggunakan program Batan-2Diff ditujukan untuk memverifikasi nilai fraksi bakar RSG-GAS apabila reaktor dioperasikan dengan energi setiap teras rerata 660 MWD. Input utama pada perhitungan ini adalah massa Uranium setiap elemen bakar dan energi terbangkitkan setiap operasi. Pembangkitan energy disetiap pengoperasian reaktor harus terdistribusi pada teras reaktor secara seimbang. Kondisi ini diperoleh dengan pola manajemen teras setimbang, yaitu terdapat 5 EB dan 1 EK yang masuk dan keluar secara berpola tertentu. Hasil simulasi pada daya 15 MWth menunjukkan bahwa tingkatan fraksi bakar tertinggi di akhir operasi teras ke-8 adalah 58,4% dicapai oleh elemen bakar di teras pada posisi B-7. Perhitungan ini memvalidasi harga batas fraksi bakar yang tertulis yang diterapkan di Teras RSG-GAS menghasilkan pengoperasian teras yang aman memenuhi persyaratan perijinan dalam dokumen LAK RSG-GAS Rev.10. Dapat disimpulkan bahwa kegiatan operasi yang sedang berlangsung tidak menyimpang dari aspek keselamatan dan dapat memenuhi persyaratan untuk ijin operasi selanjutnya.

Kata Kunci: Energi 660 MWD, Fraksi Bakar 60%

ABSTRACT

SAFETY ASSESMENT OF THE RSG-GAS OPERATION AT 660 MWD USING BATAN-2DIFF COMPUTER PROGRAM. Operation of a nuclear reactor have to be supported with safety system desain. This Batan-2Diff calculation is aimed to verity burn-up level of the RSG-GAS fuel. It was assumed that energy generated at each core was 660 MWD. The main input in this calculation is Uranium mass of every fuel element and its energy generated in each operation. This energy should be evenly distributed in the reactor core. To achieve this condition, fuel management of the reactor core should follow certain pattern. Five standard elements and one control element are load into and unload from the reactor core referring to that established pattern. Result of simulation at 15 MWth indicate that the highest burn-up at the end of eight core is 58,4% which is reached by a fuel at B-7 position of the core. This calculation . It means that fuel management applied at the RSG-GAS has been proved save and it complies to the reactor operation may validate the limit value of fuel burn up mentioned in the SAR of RSG-GAS Rev. 10. It can be calculated that, reactor operation did not divert from regulation and it comply with licensing requirement aspect and can compatible clauses for permission be operated.

Keyword: Energy 660 MWD, Burn-up 60%

PENDAHULUAN

Reaktor Serba Guna – G.A. Siwabessy (RSG-GAS) menggunakan elemen bakar Uranium-Silisida (U_3Si_2-Al). Menurut kajian di ORR (*Oak Ridge Research Reactor*), elemen bakar dengan pengkayaan rendah U-Silisida dapat memberikan daya thermal dan dibakar hingga 90%. Namun berdasar kepentingan keselamatan operasi maka dalam dokumen LAK (Laporan Analisis Keselamatan) RSG-GAS, maksimal pembakaran atau fraksi bakar (*burn-up*) ini dibatasi. Dalam dokumen SAR (*Safety Analysis Report*) Rev.7 *burn-up* ditentukan rerata 53,7%, dalam dokumen SAR

Rev.8 *burn-up* sebesar 56%, dalam dokumen LAK Rev.9 fraksi bakar dibatasi sebesar 56%, dan dalam dokumen LAK Rev. 10 (usulan tahun 2010) fraksi bakar dibatasi sebesar 60%. Fraksi bakar merupakan parameter penting dalam pengoperasian suatu reaktor nuklir. Keakuratan perhitungan fraksi bakar pada manajemen teras berpengaruh terhadap keselamatan operasi reaktor. Perhitungan manajemen teras terkait fraksi bakar dari elemen bakar dan elemen kendali RSG-GAS dapat dilakukan dengan menggunakan program komputer tertentu atau secara perhitungan manual.

Penggunaan Batan-2Diff dalam perhitungan fraksi bakar teras RSG-GAS dimaksudkan agar per-

hitungan tidak hanya pada tingkat desain melainkan juga pada pelaksanaan operasi sehingga perencanaan dan hasil operasi khususnya mengenai fraksi bakar dapat tervalidasi dengan hasil perhitungan paket program komputer sebagaimana yang diminta Bapeten.

Perhitungan menggunakan *computer code* oleh Bidang Keselamatan dilakukan untuk mengkaji, mengoreksi dan memberikan verifikasi keselamatan neutronik sebagaimana yang disyaratkan dalam LAK RSG-GAS. Perhitungan fraksi bakar dengan asumsi energi terbangkitkan rerata 660 MWD merupakan simulasi pembakaran elemen bakar untuk masa yang akan datang. Dengan perhitungan simulasi ini diharapkan kondisi fraksi bakar selama 8 teras dapat diketahui dan tidak melampaui batasan maksimum yang telah disyaratkan dalam dokumen LAK RSG-GAS.

TEORI

Daya dan Fraksi Bakar RSG-GAS

Daya adalah jumlah energi yang digunakan setiap waktu. Daya reaktor dapat dihitung dengan asumsi; 1 fisi/detik = $3,2 \cdot 10^{-11}$ watt, atau 1 watt = $3,125 \cdot 10^{10}$ fisi/detik. Dengan mengalikan terhadap bilangan Avogadro maka 1 gram U-235 dapat menghasilkan daya sebesar; $6,023 \cdot 10^{23} \times 3,2 \cdot 10^{-11}$ watt = 1,9 Gwatt.

Namun demikian, daya P yang terbentuk di reaktor tergantung pada beberapa parameter Fisika yang secara umum dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut:

$$P = \frac{N \sigma_f V \phi}{3,125 \cdot 10^{10}} \text{ watt}$$

dimana;

P : daya reaktor (watt)

N : jumlah Uranium (inti/cm³), atau $N = \frac{N_A \cdot \rho}{B_A}$

σ_f : tampang lintang fisi (barn)

V : volume teras (cm³)

ϕ : fluks neutron thermal (n/cm².det)

Untuk dapat menghitung daya RSG-GAS secara teori seperti rumusan di atas maka parameter-parameter spesifikasi dari RSG-GAS harus diketahui atau ditentukan terlebih dahulu.

Dalam membaca besaran daya di RSG-GAS, operator hanya berpedoman pada kanal pengukuran daya yang merupakan hasil pengukuran fluks neutron. Beberapa jenis sistem kanal pengukuran yang dapat dipergunakan untuk menentukan daya reaktor, antara lain; JKT01, JKT02, JKT03 (masing-masing memiliki daerah kerja tertentu), dan JKT04,

serta JRF10 (hasil rerata pengukuran JKT03 dan JAC-CR, ditunjukkan dengan % daya). Prinsip kerja dari sistem pengukur daya adalah mengubah radiasi menjadi besaran arus listrik dari 0 hingga 20 mA. Hasil pengukuran JKT04 digunakan sebagai penunjuk daya untuk menentukan energi dalam MWD.

Apabila terjadi perubahan konfigurasi teras reaktor maka akan terjadi pula perubahan distribusi fluks neutron di teras. Sehingga untuk setiap terjadi perubahan konfigurasi teras harus selalu dilakukan kalibrasi daya. Di RSG-GAS dilakukan kalibrasi secara termo-stasioner, yaitu dengan mengoperasikan sistem pendingin dan mengukur suhu air keluaran dan masukan teras reaktor. Besarnya kenaikan suhu bergantung kepada besarnya panas teras reaktor, massa aliran pendingin dan panas spesifik.

Daya reaktor secara termo-stasioner, dirumuskan sebagai berikut:

$$Q = W \cdot \rho \cdot C_p \cdot \Delta T$$

Dimana,

Q : daya reaktor (kW)

W : laju alir volumetrik (m³/s)

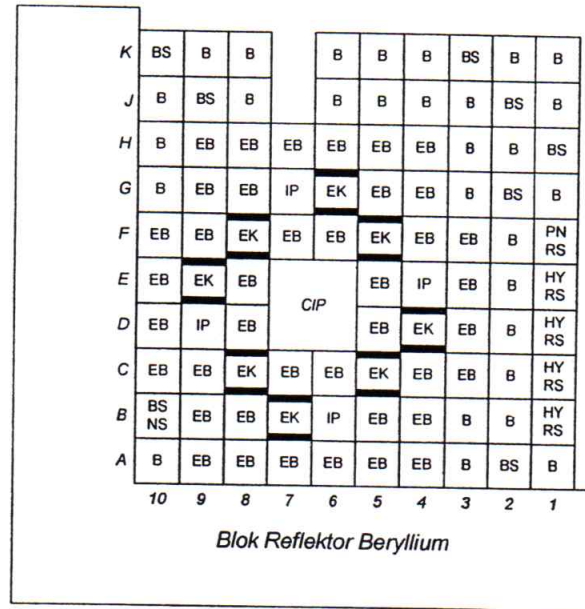
ρ : massa jenis pendingin (kg/m³)

C_p : panas spesifik pendingin (kJ/kg.K)

ΔT : beda suhu keluaran dan masukan teras reaktor (K)

Untuk mempermudah penentuan daya, dalam pelaksanaannya telah dibuat tabel kalibrasi daya yang menyatakan besaran daya termal yang dibangkitkan di teras sebagai fungsi suhu. Energi terbangkitkan di RSG-GAS adalah besaran daya (dalam satuan MWatt) terhadap waktu pengoperasian dalam satuan hari (*Day*) sehingga satuan dari daya terbangkitkan adalah MWD. Energi terbangkitkan dari setiap teras RSG-GAS dibatasi maksimal 660 MWD¹⁾.

Teras aktif dari *TWC* (*typical working core*) terdiri atas 40 elemen bakar standar (EB), 8 elemen kendali (EK), satu posisi iradiasi di tengah (*CIP*) dan 4 posisi iradiasi (*IP*) di dalam teras reaktor. Elemen bakar dan elemen kendali untuk RSG-GAS biasanya diberi nama atau kode RI-xxx. Konfigurasi teras setimbang silisida RSG-GAS ditunjukkan pada Gambar 1. Kondisi dari teras setimbang tersebut adalah 40 EB (elemen bakar), 8 EK (elemen kendali), 28 B (elemen beryllium), 8 BS (elemen beryllium), 4 IP (*irradiation position*), CIP (*centre irradiation position*), dan 5 RS (*rabbit system*).



Gambar 1. Konfigurasi teras setimbang silisida RSG-GAS

Fraksi bakar buang maksimum dibatasi $\leq 60\%$ ⁽¹⁾. Untuk mendapatkan fraksi bakar buang sesuai dengan yang dipersyaratkan di akhir siklus (EOC), maka teras setimbang silisida RSG-GAS harus memiliki pola pemasukan, pergeseran dan pengeluaran elemen bakar tertentu yang mempertimbangkan kesetimbangan fraksi bakar dan keselamatan.

Kesetimbangan manajemen teras diperoleh dengan pola 5+1, yaitu mengganti 5 elemen bakar dan 1 elemen kendali.

Model Perhitungan dengan Batan-2Diff

Program perhitungan komputer (code) Batan-2Diff adalah suatu program komputer yang dipergunakan untuk menyelesaikan persamaan difusi neutron banyak kelompok tenaga dalam geometri 2-D. Persamaan difusi neutron yang diselesaikan adalah ⁽²⁾:

$$-\nabla D_g(r) \cdot \nabla \Phi_g(r) + \Sigma_{r,g}(r) \Phi_g(r) = \sum_{s,g} \Sigma_{s,g} \rightarrow_g(r) \Phi_g(r) + \frac{\chi_g}{k_{eff}} \sum_{f,g} \nu \Sigma_{f,g}(r) \Phi_g(r), \quad g = 1, 2, \dots, G \dots \dots \dots (1)$$

Dengan metode *finite difference* untuk iterasi ke-n persamaan di atas menjadi:

$$-\nabla D_g(r) \cdot \nabla \Phi_g^{(n)}(r) + \Sigma_{r,g}(r) \Phi_g^{(n)}(r) = \Sigma_{s,g-1} \rightarrow_g(r) \Phi_{g-1}^{(n)}(r) + \frac{\chi_g}{k_{eff}^{(n-1)}} S_f^{(n-1)}(r) \dots \dots \dots (2)$$

karena suku bagian kanan tidak bergantung pada Φ_g , maka:

$$-\nabla D_g(r) \cdot \nabla \Phi_g^{(n)}(r) + \Sigma_{r,g}(r) \Phi_g^{(n)}(r) = S_g(r) = \Sigma_{s,g-1} \rightarrow_g(r) \Phi_{g-1}^{(n)}(r) + \frac{\chi_g}{k_{eff}^{(n-1)}} S_f^{(n-1)}(r) \dots \dots \dots (3)$$

dengan,

G : number of energy groups

g : energy group index.

r : position.

Φ_g : neutron flux in group g.

D_g : diffusion constant for group g ($=1/3\Sigma_{tr,g}$)

$\Sigma_{tr,g}$: transport cross section for group g.

$\nu \Sigma_{tr,g}$: fission source cross section from group g.

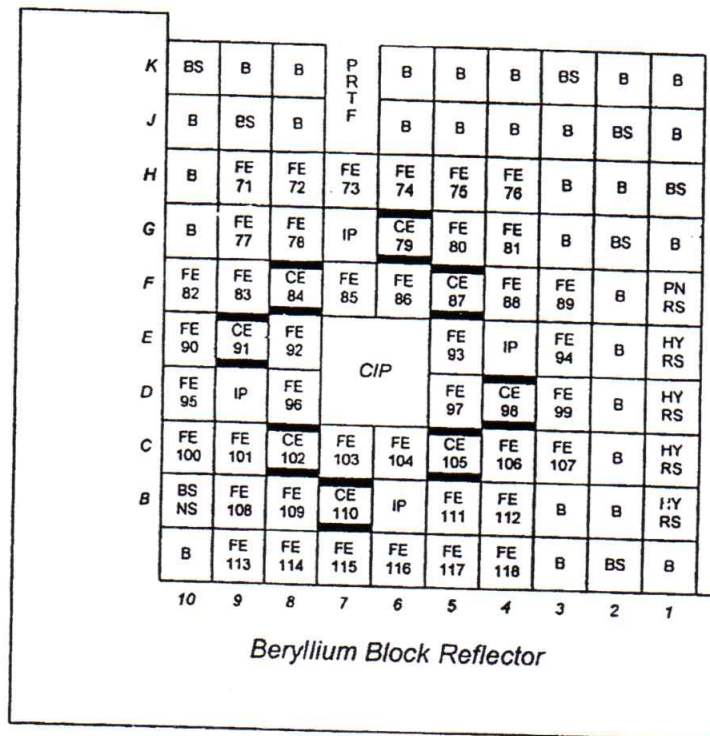
$\Sigma_{t,g}$: total cross section for group g.

$\Sigma_{a,g}$: absorption cross section for group g.

$\Sigma_{s,g' \rightarrow g}$: scattering (transfer) cross section from g' to g.

χ_g : fission source fraction in group g.

k_{eff} : effective multiplication constant.



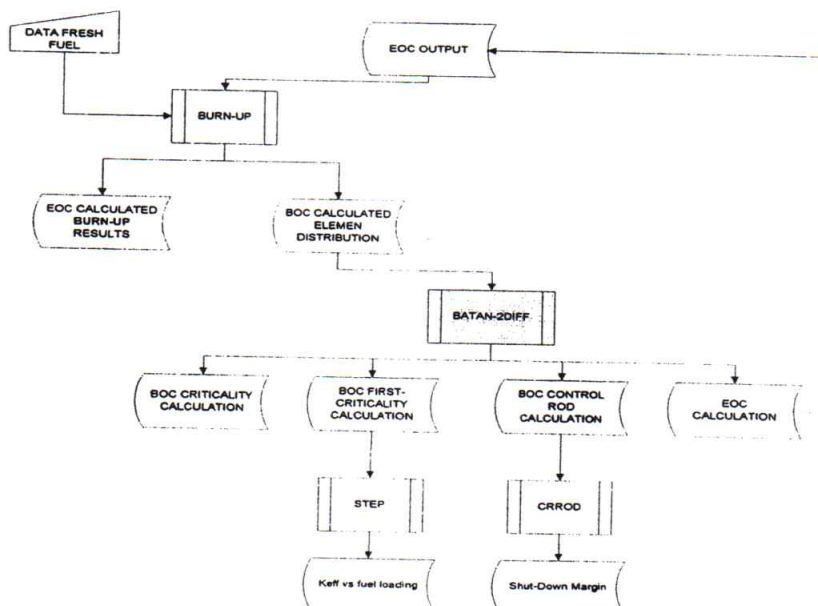
METODOLOGI

- a) Menyiapkan *inputan* data Batan-2Diff, yaitu parameter desain teras, manajemen elemen bakar dan elemen kendali.
Data dimasukkan melalui fasilitas program *acroedit0.9.4.15-aplication*, dan dirunning dengan Batan-2Diff.
- b) Menjalankan program Batan-2Diff.
Alur pemrograman ditunjukkan pada Gambar 3: Diagram alir perhitungan neutronik dengan *code*

Batan-2Diff. Dimana dalam menghitung fraksi bakar diperlukan data kondisi EOC dan data elemen bakar segar (*fresh fuel*). Massa tiap EB diperoleh sebagai hasil rerata dari teras 61 s/d teras 70.

Dari eksekusi program ini dihasilkan pula data konfigurasi EB awal (FEBOC) untuk teras operasi selanjutnya.

- c) Membuat rangkuman data hasil perhitungan Batan-2Diff, dan;
- d) Membuat kesimpulan.



Gambar 3. Diagram alir perhitungan neutronik dengan *code* Batan-2Diff

HASIL DAN PEMBAHASAN

Berikut ini adalah data yang menunjukkan besaran energi yang dibangkitkan dan fraksi bakar terbesar

yang diperoleh dari laporan operasi RSG-GAS mulai teras ke 61 s/d teras ke 70.

Tabel 1. Data Operasi dan fraksi bakar RSG-GAS teras 61 s/d 70

TERAS	Waktu Operasi	Energi (MWD)	BU maks (%)	Posisi
61	10/05/07-28/08/07	682,0	55,90	F-6
62	29/08/07-18/12/07	658,2	55,48	B-5
63	19/12/07-25/03/08	657,9	55,45	G-8
64	26/03/08-01/07/08	638,3	55,43	D-8
65	02/07/08-28/10/08	664,5	55,30	B-8
66	29/10/08-18/02/09	645,1	54,87	F-6
67	19/02/09-26/05/09	659,3	55,57	B-8
68	27/05/09-01/09/09	650,3	55,94	B-8
69	02/09/09-16/12/09	656,2	57,91	B-7
70	17/12/09-22/03/09	651,8	57,78	B-7

Ket: BU : *Burn-up* (fraksi bakar)

Menurut laporan operasi yang dirangkum pada Tabel 1, fraksi bakar maksimal diperoleh dengan cara perhitungan manual yaitu 57,91% dari elemen bakar yang keluar dari posisi di teras pada B-7. Harga ini sebenarnya telah melampaui batasan yang tercantum dalam dokumen LAK Rev. 9 yaitu 56%. Begitupun energi terbangkitkan yang terdata merata telah lebih dari 615 MWD.

Maka perlu kiranya batasan energi dan *burn-up* ditinjau agar sejalan antara kebutuhan operasi,

keselamatan operasi dan batasan yang telah diatur melalui dokumen LAK/SAR RSG-GAS.

Untuk mensimulasi perhitungan Batan-2Diff diperlukan data massa elemen bakar/kendali yang akan masuk pada setiap awal teras operasi. Pada Tabel 2 berikut ini, massa dari setiap elemen bakar/kendali diambil secara merata dari kondisi massa elemen bakar/kendali di teras awal ke 61 s/d awal teras 70.

Tabel 2. Data massa merata dari elemen bakar dan elemen kendali

EB-No.	(satuan: gram)										Fresh-rerata
	Fresh-T61	Fresh-T62	Fresh-T63	Fresh-T64	Fresh-T65	Fresh-T66	Fresh-T67	Fresh-T68	Fresh-T69	Fresh-T70	
RI-A/71	2,49340E+02	2,48880E+02	2,48510E+02	2,50190E+02	2,49730E+02	2,49860E+02	2,49600E+02	2,49450E+02	2,46980E+02	2,47980E+02	2,49052E+02
R1-B/76	2,51440E+02	2,48350E+02	2,49590E+02	2,49050E+02	2,50280E+02	2,49860E+02	2,49070E+02	2,50140E+02	2,47760E+02	2,47520E+02	2,49306E+02
RI-C/89	2,49280E+02	2,48690E+02	2,49170E+02	2,49590E+02	2,49150E+02	2,49880E+02	2,47950E+02	2,49660E+02	2,46540E+02	2,47910E+02	2,48782E+02
RI-D/102	1,79694E+02	1,78251E+02	1,78481E+02	1,78481E+02	1,78821E+02	1,78771E+02	1,79281E+02	1,77551E+02	1,77041E+02	1,78961E+02	1,78533E+02
R1-E/107	2,49270E+02	2,48620E+02	2,50030E+02	2,50160E+02	2,48970E+02	2,50600E+02	2,47630E+02	2,50420E+02	2,46890E+02	2,48030E+02	2,49062E+02
RI-F/113	2,50900E+02	2,48190E+02	2,49660E+02	2,49340E+02	2,49250E+02	2,49510E+02	2,47740E+02	2,49600E+02	2,46640E+02	2,47710E+02	2,48854E+02

Proses perhitungan fraksi bakar menggunakan Batan-2Diff hingga akhir operasi teras ke-8 diperlukan data masukan dan dihasilkan data-data keluaran. Data yang dihasilkan diantaranya: *EOC-T.out* : data dari akhir teras operasi ke x, *fresh-Tx.dat* : data massa dari elemen bakar yang masuk ke teras operasi ke x, *BU-Tx.dat* : data hasil perhitungan fraksi bakar dari akhir teras ke x, dan *FEBOC-Tx.dat* : data awal dari teras operasi ke x. Contoh tampilan terutama dari hasil eksekusi yang lengkap, yaitu *EOC-T.out* disajikan dalam lampiran.

Tampilan hasil Batan-2Diff untuk perhitungan akhir teras ini dapat diamati dengan program aplikasi *wordpad* atau dengan *notepad* (untuk *file.dat*). Setiap masukan program yang benar akan diawali

dengan kartu **STAR OF CASE* dan diakhiri dengan kartu **END OF CASE* (lihat pada lampiran).

Tujuan perhitungan akhir siklus (EOC) untuk mendapatkan distribusi fraksi bakar tiap elemen bakar setelah dibakar dalam waktu satu siklus tertentu. Perhitungan EOC juga dipergunakan untuk memprediksi fraksi bakar elemen bakar bekas dan inventori heavy metal. Input akhir siklus (*EOC.Tx.inp*) sama dengan perhitungan akhir siklus (*EOC-Tx.out*), perbedaannya terdapat pada kartu **BURNUP*, yaitu

**DERIVATIVE CONSTANT*

1

38 38 6.0078E-4 3.8520E-3 1.0822E-1 0.42295

**BUCKLING*

3

```

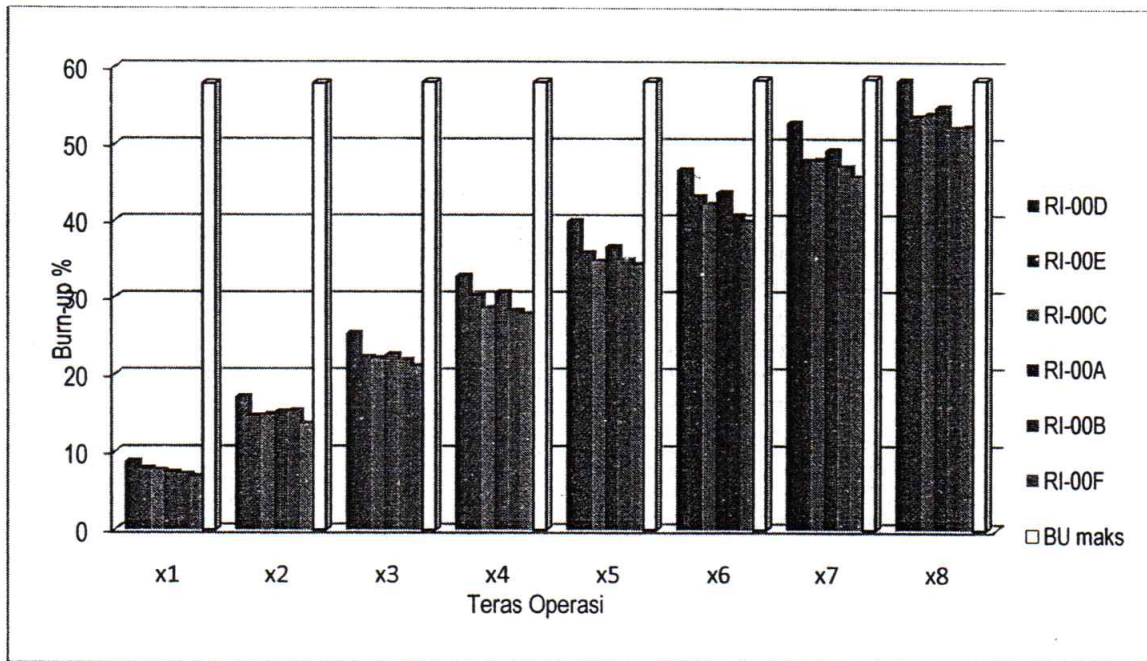
1 118 2.1000E-3 2.1000E-3 2.1000E-3 2.1000E-3
61 61 1.2700E-3 9.7000E-4 2.9000E-4 6.9000E-5
63 69 0. 0. 0. 0.
*CRITERIA
500 1.E-5 1.E-5 10 1.7
*GRID
8 8
'10' ' 9' ' 8' ' 7' ' 6' ' 5' ' 4' ' 3'
'H' 0 71 72 73 74 75 76 0
'G' 0 77 78 48 79 80 81 0
'F' 82 83 84 85 86 87 88 89
'E' 90 91 92 50 47 93 52 94
'D' 95 46 96 49 51 97 98 99
'C' 100 101 102 103 104 105 106 107
'B' 0 108 109 110 45 111 112 0
'A' 0 113 114 115 116 117 118 0
*BURNUP
3801600.000 1 0 0
    
```

Dari data yang tersaji pada awal siklus (*beginning of cycle*) dengan kondisi bebas xenon dan bebas samarium: rerata fraksi bakar di teras adalah 25,2%, sedangkan di akhir siklus (*end of cycle*) fraksi bakar rerata di teras adalah 31,9%. Dan kedua hasil fraksi bakar rerata telah sesuai dengan hasil analisis dalam LAK. Hasil lainnya seperti kritikalitas teras penuh, perhitungan kritis, dan margin padam akan dibahas pada kajian selanjutnya. Hasil perhitungan fraksi bakar sebanyak 8 teras operasi dengan energi terbangkitkan rerata 660 MWD, disajikan dalam Tabel 3 dan grafik 1.

Tabel 3. Data Fraksi bakar hasil perhitungan Batan-2Diff dengan energi terbangkitkan 660 MWD

KODE EB	T-x1		T-x2		T-x3		T-x4		T-x5		T-x6		T-x7		T-x8	
	POSISI	BU(%)	POSISI	BU(%)	POSISI	BU(%)	POSISI	BU(%)	POSISI	BU(%)	POSISI	BU(%)	POSISI	BU(%)	POSISI	BU(%)
RI-00D	C-8	8,75	F-5	17,15	F-8	25,32	C-5	32,82	D-4	40,02	E-9	46,73	G-6	52,88	B-7	58,42
RI-00E	C-3	7,82	H-8	14,61	C-4	22,19	D-5	30,19	H-5	35,79	E-5	43,17	A-8	47,92	B-5	53,59
RI-00C	F-3	7,57	C-10	14,81	E-3	22,04	A-7	28,54	H-7	34,71	F-7	42,10	F-4	48,02	F-6	53,98
RI-00A	H-9	7,31	F-10	15,20	G-9	22,56	E-8	30,66	D-3	36,66	C-6	43,81	G-5	49,29	G-8	54,94
RI-00B	H-4	7,09	F-9	15,30	A-5	21,84	H-6	28,20	D-10	34,89	G-4	40,68	C-7	47,10	B-8	52,21
RI-00F	A-9	6,79	A-4	13,61	E-10	21,00	B-4	27,78	A-6	34,27	B-9	39,88	C-9	45,79	D-8	52,35
BU maks	B-7	57,88	B-7	57,92	B-7	58,10	B-7	58,09	B-7	58,20	B-7	58,40	B-7	58,57	B-7	58,42

Ket: T-x1: teras pertama untuk simulasi *burn-up*



Gambar 3. Grafik Fraksi Bakar dari 5+1 EB/EK selama 8 Teras Operasi

Data yang disajikan dari hasil perhitungan program computer Batan-2Diff adalah rangkuman data yang singkat namun menampilkan hanya 5 elemen bakar dan 1 elemen kendali dengan kode RI-00A s/d RI-00F. Ke 5 EB dan 1 EK tersebut digunakan atau

dibakar selama 8 teras dari teras operasi T-x1 s/d T-x8 dengan daya thermal 15 MW atau energi terbangkitkan 660 MWD. Fraksi bakar maksimum yang terakumulasi selama pembakaran pada akhir teras adalah 58,42% pada RI-00D dan berasal dari

posisi B-7. Sedangkan dari penyajian grafik dapat diamati bahwa fraksi bakar maksimum merata setiap akhir teras selama 8 teras adalah 58,2% dan tertinggi 58,57% di teras operasi T-x7 tetapi bukan dari EB atau EK dengan kode khusus.

Bila hasil ini ditinjau dari LAK RSG-GAS Rev. 10 di Bab 17 maka pengoperasian reaktor dengan pembangkitan energi hingga 660 MWD yang menghasilkan fraksi bakar maksimum 58,42% masih di bawah batasan maksimum yang syaratkan LAK untuk tujuan keselamatan operasi.

Jika dilihat dari pergantian dan pergeseran EB/EK di teras maka paket program ini juga telah melakukan

perhitungan manajemen teras setimbang dengan pola '5+1' (5 EB dan 1 EK). Dari data yang terangkum pada Tabel 3, fraksi bakar (BU) yang sudah maksimal ternyata berada pada posisi B7, B5, B8, D8, F8, dan G8 yang dari posisi tersebut EB atau EK dikeluarkan. Sehingga terdapat 5 EB dan 1 EK yang mendekati batasan BU maks yang harus diganti dan ada 5+1 lagi EB segar yang harus masuk di setiap awal teras operasi, yang disebut pergantian teras baru. Pola pergantian dan pergeseran (pola *reshuffle*) ini secara menyeluruh dapat dilihat pada Tabel 4, berikut ini.

Tabel 4. Pola manajemen teras setimbang RSG-GAS

	dari	ke		dari	ke		dari	ke
masuk	H-9	F-10		F-5	F-8		C-7	B-8
	H-8	C-4		F-4	F-6		C-6	G-5
	H-7	F-7	masuk	F-3	C-10		C-5	D-4
	H-6	D-10		E-10	B-4		C-4	D-5
	H-5	E-5		E-9	G-6	masuk	C-3	H-8
masuk	H-4	F-9		E-8	D-3		B-9	C-9
	G-9	E-8		E-5	A-8		B-8	keluar
	G-8	keluar		E-3	A-7		B-7	keluar
	G-6	B-7		D-10	G-4		B-5	keluar
	G-5	G-8		D-8	keluar		B-4	A-6
	G-4	C-7		D-5	H-5	masuk	A-9	A-4
	F-10	G-9		D-4	E-9		A-8	B-5
	F-9	A-5		D-3	C-6		A-7	H-7
	F-8	C-5		C-10	E-3		A-6	B-9
	F-7	F-4		C-9	D-8		A-5	H-6
	F-6	keluar	masuk	C-8	F-5		A-4	E-10

KESIMPULAN

Keselamatan operasi reaktor dapat tercapai dengan pembakaran EB yang merata dari setiap posisi di teras dan menghasilkan *fluks* neutron atau daya yang seimbang dari setiap sisi teras. Kondisi ini dapat diperoleh dari pola manajemen teras setimbang. Dengan pola 5+1, EB dan EK masuk dan keluar telah terpola sebagai berikut: masuk ke posisi H-9, H-4, F-3, C-8, C-3, dan A-9 sedangkan yang keluar dari posisi G-8, F-6, D-8, B-8, B-7, dan B-5.

Fraksi bakar elemen bakar buang hasil perhitungan Batan-2Diff dengan energi terbangkitkan 660 MWD adalah 58,42% dari posisi akhir di teras operasi RSG-GAS pada B-7. Dengan demikian pengoperasian reaktor sampai 660 MWD tidak akan berdampak terhadap fraksi bakar. Nilai fraksi bakar hasil perhitungan berada dalam batas operasi sesuai LAK-RSG-GAS yang dipersyaratkan Bapeten yaitu 60%. Hasil ini juga menunjukkan bahwa Batan-

2Diff dapat diterapkan untuk verifikasi parameter keselamatan desain neutronik oleh tim keselamatan reaktor.

PUSTAKA

1. *Anonimous, LAK RSG-GAS Rev. 10 PRSG, 2008.*
2. Jaja Sukmana, Validasi Perhitungan Manual Fraksi Bakar Teras Operasi ke-65 dengan Menggunakan Program Batan-2Diff, REAKTOR-Buletin Pengelolaan Reaktor Nuklir, PRSG, April 2010.
3. T.M.Sembiring, Program Komputer (code) Batan-2Diff untuk Analisis Nutronik pada Reaktor Riset Berelemen Bakar Tipe pelat, *Coaching Keselamatan Operasi RSG-GAS*, PRSG, April, 2009.
4. *Anonimous, Laporan Operasi Reaktor RSG-GAS Teras 61 - Teras 70, PRSG, 2007-2009.*

Lampiran I

EOC-TX7.OUT

(jumlah isi sebenarnya 29 hal ukuran cetak A3 di baca dengan Wordpad)

```

*START OF CASE
!SCREEN ON
*HEADER
*GENERAL
*CITATION-ZONE
*MATERIAL ZONE
*CROSS SECTION
*FUEL ELEMENT
*DERIVATIVE CONSTANT
  INP : MAT. NO. DUPLICATED BY DERIV. CONST.          38
*BUCKLING
*CRITERIA
*GRID
*BURNUP
  Pada file: EOC-Tx.INP, burn-up: 3.801.600, yaitu 660MWD/15MW*24*3600s
!PREPARATION
  FUEL ELEMENT XS LIBRARY READ FROM FILE = LIBSI2545.IAF
  WIMS-D5B12 XS LIBRARIES-ENDFBVI8 FOR SILICIDE
  IFS=1,2 (LOAD=1,2,3 250,300,450) IFS= 3,4 (LOAD=1,2 250,300,450)
  IFS=1 -> SI COLD, XE-SM FREE : IFS=2 -> SI COLD, COLD SM FREE
  IFS=3 -> SI HOT, SM FREE : IFS=4 -> SI HOT, XE-SM EQUIL
>HEADER
*****
*   PERHITUNGAN AKHIR SIKLUS (EOC)   *
*   KONFIGURASI TERAS X7             *
*   ENERGY=660.000 MWD              *
*****
>GENERAL
GEOMETRY (1,2,3=XY,RZ,TRID) =          1
LEFT BC (0,1 =VACUUM,REFL) =          0
RIGHT BC (0,1 =VACUUM,REFL) =          0
TOP BC (0,1 =VACUUM,REFL) =           0
BOTTOM BC (0,1 =VACUUM,REFL) =         0
NUMBER OF ENERGY GROUP =              4
THERMAL POWER (WTH/CM) = 2.5000E+05
CORE ACTIVE HEIGHT (CM) = 6.0000E+01
>X-COORDINATE
1
  RADIAL MESH CENTER POSITION
  RADIAL MESH WIDTH
>Y-COORDINATE
1
  AXIAL MESH CENTER POSITION (CM)
  AXIAL MESH WIDTH (CM)
>VOLUME
1
  VOLUME PER REGION (CC)
  REACTOR (TOTAL) VOLUME (CC) = 5.7023E+04
  CORE VOLUME (CC) = 2.8549E+03
  AVE. POW. DENSITY (W/CC) = 8.7569E+01
>MATERIAL ZONE
1
  REGION SPECIFICATION
  MAT NO DERIVATIVE CONSTANT (IG=1,IGMAX)
  38 6.0078E-04 3.8520E-03 1.0822E-01 4.2295E-01
>CROSS SECTION
1
  MACROSCOPIC CROSS SECTION PER MATERIAL
  FISSION SPECTRUM : 1.: 7.6641E-01
>CRITERIA
MAX. NO. OF OUTER ITERATION = 500
MAX. NO. OF INNER ITERATION = 10
SOR ACCELERATION PARAMETER = 1.7000E+00
CONV. CRITERION FOR FLUX = 1.0000E-05
CONV. CRITERION FOR KEFF = 1.0000E-05
!CRITICALITY
>CRITICALITY
1

```

```

CRITICALITY CALC. RESULTS
OUTER ITER. NO. = 187
KEFF (ITERATION) = 1.0786437988
KEFF (NEUT. BAL.) = 1.0786746740
KEFF (EIGENVALUE) = 1.0786485672
REACTIVITY (%) = 7.290987E+00
REL. ERR. OF KEFF = 1.975035E-06
REL. ERR. OF FLUX PER ENERGY GROUP :
1) 9.94813E-06 2) 9.54452E-06 3) 9.23262E-06 4) 7.51221E-06
NEUTRON BALANCE IN THE WHOLE REACTOR (/S)
NEUTRON PRODUCTION IS NORMALIZED TO 100 %
!GRID
>GRID
1
MAPPING OF MAT. NO. ON GRID
1
POWER PEAKING FACTOR (AVE., MAX., EDGE AND LOCAL)
AVERAGE POWER DENSITY (W/CC) = 8.7569E+01
MAXIMUM VALUES ACROSS THE GRID
PPF RAD AVE., GRID POS. 1.2345 8 -C
PPF RAD MAX., GRID POS. 1.6438 8 -E
PPF RAD EDGE, GRID POS. 1.7679 8 -E
PPF RAD LOCAL, GRID POS. 1.6268 3 -E
CORE ACTIVE REGION
NO. OF FUEL ELEMENTS 48
SUM OF AVE PPF 48.2072
SUM OF FE VOL. FRACT. 45.7143
0.4562 0.4691 0.5034 0.4377 0.4195 0.0000
1
GROUP NEUTRON FLUX (MAXIMUM)
!BURNUP
>BURNUP
1
* * B E G I N N I N G   O F   C Y C L E * *
XENON FREE CONDITION
SAMARIUM FREE CONDITION
1
IN-CORE FUEL/CONTROL ELEMENTS DATA
IN-CORE TOTAL U-235 LOADING (KG) = 8.5158E+00
IN-CORE AVERAGE FUEL BURNUP (MWD/T) = 4.1663E+04
IN-CORE AVERAGE FUEL BURNUP (%) = 2.5172E+01
NOTE 1) U-235 FRESH DATA ARE FOR LIBRARY INTERPOLATION NOT U-235 AT BOC !
2) U-235 NOW (GR) IS OBTAINED AS U-235 EOC * VOLUME FRACTION
1
HEAVY METALS AND IMPORTANT FPS IN THE CORE
NO. NUCLIDE MASS (GR)
1 U-235 8514.312
2 U-236 463.083
3 U-238 45887.441
4 PU-239 192.720
5 PU-240 26.844
6 PU-241 8.233
7 PU-242 0.846
8 NP-237 6.906
9 NP-239 12.462
10 AM-241 0.033
11 AM-243 0.027
12 XE-135 0.000
13 SM-149 0.000
TOTAL URANIUM IN THE CORE 54864.836 (GR)
TOTAL PLUTONIUM IN THE CORE 228.642 (GR)
U FISS. (U-235 ) ENRICH. 15.519 (w/o)
PU FISS. (PU-249,241) ENRICH. 87.890 (w/o)
1
CRITICALITY CALC. RESULTS
OUTER ITER. NO. = 84
KEFF (ITERATION) = 1.0784788132
KEFF (NEUT. BAL.) = 1.0786414146
KEFF (EIGENVALUE) = 1.0784790516
REACTIVITY (%) = 7.276803E+00
REL. ERR. OF KEFF = 9.351767E-06
REL. ERR. OF FLUX PER ENERGY GROUP :
1) 9.84117E-06 2) 8.99822E-06 3) 8.51385E-06 4) 9.53283E-06
NEUTRON PRODUCTION IS NORMALIZED TO 100 %

```

```

1
POWER PEAKING FACTOR (AVE., MAX., EDGE AND LOCAL)
AVERAGE POWER DENSITY (W/CC) = 8.7569E+01
MAXIMUM VALUES ACROSS THE GRID
PPF RAD AVE., GRID POS. 1.2320      8      -C
PPF RAD MAX., GRID POS. 1.6455      8      -E
PPF RAD EDGE, GRID POS. 1.7697      8      -E
PPF RAD LOCAL, GRID POS. 1.6270     3      -E
1
GROUP NEUTRON FLUX (AVERAGE)
1
GROUP NEUTRON FLUX (MAXIMUM)
UNIT = 1.0000E+14
1
BOC FUEL BURNUP (IN GWD/T AND % LOSS OF U-235)
1
K-INF AND K-EFF MAPPING
1
INPUT DATA OF FE/CE WITH ORDERED BURNUP LEVEL FOR NEXT CASE
48 'LIBSI2545.IAF'
1
* * END OF CYCLE * *
XENON FREE CONDITION
SAMARIUM FREE CONDITION
1
IN-CORE FUEL/CONTROL ELEMENTS DATA
IN-CORE TOTAL U-235 LOADING (KG) = 7.7459E+00
IN-CORE AVERAGE FUEL BURNUP (MWD/T) = 5.3119E+04
IN-CORE AVERAGE FUEL BURNUP (%) = 3.1937E+01
NOTE 1) U-235 FRESH DATA ARE FOR LIBRARY INTERPOLATION NOT U-235 AT BOC !
2) U-235 NOW (GR) IS OBTAINED AS U-235 EOC * VOLUME FRACTION
1
OUT-CORE FUEL/CONTROL ELEMENTS DATA
OUT-CORE TOTAL U-235 LOADING (KG) = 0.0000E+00
OUT-CORE AVERAGE FUEL BURNUP (MWD/T) = 0.0000E+00
OUT-CORE AVERAGE FUEL BURNUP (%) = 0.0000E+00
NOTE 1) U-235 FRESH DATA ARE FOR LIBRARY INTERPOLATION NOT U-235 AT BOC !
2) U-235 NOW (GR) IS OBTAINED AS U-235 EOC * VOLUME FRACTION
1
HEAVY METALS AND IMPORTANT FPS IN THE CORE
NO.  NUCLIDE  MASS (GR)
1    U-235    7744.590
2    U-236    585.412
3    U-238    45790.902
4    PU-239    234.294
5    PU-240    36.570
6    PU-241    12.218
7    PU-242    1.495
8    NP-237    9.823
9    NP-239    14.566
10   AM-241    0.054
11   AM-243    0.054
12   XE-135    0.000
13   SM-149    0.000
TOTAL URANIUM IN THE CORE 54120.906 (GR)
TOTAL PLUTONIUM IN THE CORE 284.577 (GR)
U FISS. (U-235 ) ENRICH. 14.310 (w/o)
PU FISS. (PU-249,241) ENRICH. 86.624 (w/o)
1
CRITICALITY CALC. RESULTS
OUTER ITER. NO. = 88
KEFF (ITERATION) = 1.0472587347
KEFF (NEUT. BAL.) = 1.0470938683
KEFF (EIGENVALUE) = 1.0472583771
REACTIVITY (%) = 4.512613E+00
REL. ERR. OF KEFF = 9.220033E-06
REL. ERR. OF FLUX PER ENERGY GROUP :
1) 8.65725E-06 2) 9.61012E-06 3) 9.05178E-06 4) 9.84245E-06
NEUTRON BALANCE IN THE WHOLE REACTOR (/S)
1
POWER PEAKING FACTOR (AVE., MAX., EDGE AND LOCAL)
AVERAGE POWER DENSITY (W/CC) = 8.7569E+01
MAXIMUM VALUES ACROSS THE GRID

```

CRITICALITY CALC. RESULTS
 OUTER ITER. NO. = 187
 KEFF (ITERATION) = 1.0786437988
 KEFF (NEUT. BAL.) = 1.0786746740
 KEFF (EIGENVALUE) = 1.0786485672
 REACTIVITY (%) = 7.290987E+00
 REL. ERR. OF KEFF = 1.975035E-06
 REL. ERR. OF FLUX PER ENERGY GROUP :
 1) 9.94813E-06 2) 9.54452E-06 3) 9.23262E-06 4) 7.51221E-06
 NEUTRON BALANCE IN THE WHOLE REACTOR (/S)
 NEUTRON PRODUCTION IS NORMALIZED TO 100 %
 !GRID
 >GRID
 1
 MAPPING OF MAT. NO. ON GRID
 1
 POWER PEAKING FACTOR (AVE., MAX., EDGE AND LOCAL)
 AVERAGE POWER DENSITY (W/CC) = 8.7569E+01
 MAXIMUM VALUES ACROSS THE GRID
 PPF RAD AVE., GRID POS. 1.2345 8 -C
 PPF RAD MAX., GRID POS. 1.6438 8 -E
 PPF RAD EDGE, GRID POS. 1.7679 8 -E
 PPF RAD LOCAL, GRID POS. 1.6268 3 -E
 CORE ACTIVE REGION
 NO. OF FUEL ELEMENTS 48
 SUM OF AVE PPF 48.2072
 SUM OF FE VOL. FRACT. 45.7143
 0.4562 0.4691 0.5034 0.4377 0.4195 0.0000
 1
 GROUP NEUTRON FLUX (MAXIMUM)
 !BURNUP
 >BURNUP
 1
 * * BEGINNING OF CYCLE * *
 XENON FREE CONDITION
 SAMARIUM FREE CONDITION
 1
 IN-CORE FUEL/CONTROL ELEMENTS DATA
 IN-CORE TOTAL U-235 LOADING (KG) = 8.5158E+00
 IN-CORE AVERAGE FUEL BURNUP (MWD/T) = 4.1663E+04
 IN-CORE AVERAGE FUEL BURNUP (%) = 2.5172E+01
 NOTE 1) U-235 FRESH DATA ARE FOR LIBRARY INTERPOLATION NOT U-235 AT BOC !
 2) U-235 NOW (GR) IS OBTAINED AS U-235 EOC * VOLUME FRACTION
 1
 HEAVY METALS AND IMPORTANT FPS IN THE CORE

NO.	NUCLIDE	MASS (GR)
1	U-235	8514.312
2	U-236	463.083
3	U-238	45887.441
4	PU-239	192.720
5	PU-240	26.844
6	PU-241	8.233
7	PU-242	0.846
8	NP-237	6.906
9	NP-239	12.462
10	AM-241	0.033
11	AM-243	0.027
12	XE-135	0.000
13	SM-149	0.000

 TOTAL URANIUM IN THE CORE 54864.836 (GR)
 TOTAL PLUTONIUM IN THE CORE 228.642 (GR)
 U FISSION (U-235) ENRICH. 15.519 (w/o)
 PU FISSION (PU-249,241) ENRICH. 87.890 (w/o)
 1
 CRITICALITY CALC. RESULTS
 OUTER ITER. NO. = 84
 KEFF (ITERATION) = 1.0784788132
 KEFF (NEUT. BAL.) = 1.0786414146
 KEFF (EIGENVALUE) = 1.0784790516
 REACTIVITY (%) = 7.276803E+00
 REL. ERR. OF KEFF = 9.351767E-06
 REL. ERR. OF FLUX PER ENERGY GROUP :
 1) 9.84117E-06 2) 8.99822E-06 3) 8.51385E-06 4) 9.53283E-06
 NEUTRON PRODUCTION IS NORMALIZED TO 100 %

```

1
POWER PEAKING FACTOR (AVE., MAX., EDGE AND LOCAL)
AVERAGE POWER DENSITY (W/CC) = 8.7569E+01
MAXIMUM VALUES ACROSS THE GRID
PPF RAD AVE., GRID POS. 1.2320 8 -C
PPF RAD MAX., GRID POS. 1.6455 8 -E
PPF RAD EDGE, GRID POS. 1.7697 8 -E
PPF RAD LOCAL, GRID POS. 1.6270 3 -E
1
GROUP NEUTRON FLUX (AVERAGE)
1
GROUP NEUTRON FLUX (MAXIMUM)
UNIT = 1.0000E+14
1
BOC FUEL BURNUP (IN GWD/T AND % LOSS OF U-235)
1
K-INF AND K-EFF MAPPING
1
INPUT DATA OF FE/CE WITH ORDERED BURNUP LEVEL FOR NEXT CASE
48 'LIBSI2545.IAF '
1
* * E N D O F C Y C L E * *
XENON FREE CONDITION
SAMARIUM FREE CONDITION
1
IN-CORE FUEL/CONTROL ELEMENTS DATA
IN-CORE TOTAL U-235 LOADING (KG) = 7.7459E+00
IN-CORE AVERAGE FUEL BURNUP (MWD/T) = 5.3119E+04
IN-CORE AVERAGE FUEL BURNUP (%) = 3.1937E+01
NOTE 1) U-235 FRESH DATA ARE FOR LIBRARY INTERPOLATION NOT U-235 AT BOC !
2) U-235 NOW (GR) IS OBTAINED AS U-235 EOC * VOLUME FRACTION
1
OUT-CORE FUEL/CONTROL ELEMENTS DATA
OUT-CORE TOTAL U-235 LOADING (KG) = 0.0000E+00
OUT-CORE AVERAGE FUEL BURNUP (MWD/T) = 0.0000E+00
OUT-CORE AVERAGE FUEL BURNUP (%) = 0.0000E+00
NOTE 1) U-235 FRESH DATA ARE FOR LIBRARY INTERPOLATION NOT U-235 AT BOC !
2) U-235 NOW (GR) IS OBTAINED AS U-235 EOC * VOLUME FRACTION
1
HEAVY METALS AND IMPORTANT FPS IN THE CORE
NO. NUCLIDE MASS (GR)
1 U-235 7744.590
2 U-236 585.412
3 U-238 45790.902
4 PU-239 234.294
5 PU-240 36.570
6 PU-241 12.218
7 PU-242 1.495
8 NP-237 9.823
9 NP-239 14.566
10 AM-241 0.054
11 AM-243 0.054
12 XE-135 0.000
13 SM-149 0.000
TOTAL URANIUM IN THE CORE 54120.906 (GR)
TOTAL PLUTONIUM IN THE CORE 284.577 (GR)
U FISS. (U-235 ) ENRICH. 14.310 (w/o)
PU FISS. (PU-249,241) ENRICH. 86.624 (w/o)
1
CRITICALITY CALC. RESULTS
OUTER ITER. NO. = 88
KEFF (ITERATION) = 1.0472587347
KEFF (NEUT. BAL.) = 1.0470938683
KEFF (EIGENVALUE) = 1.0472583771
REACTIVITY (%) = 4.512613E+00
REL. ERR. OF KEFF = 9.220033E-06
REL. ERR. OF FLUX PER ENERGY GROUP :
1) 8.65725E-06 2) 9.61012E-06 3) 9.05178E-06 4) 9.84245E-06
NEUTRON BALANCE IN THE WHOLE REACTOR (/S)
1
POWER PEAKING FACTOR (AVE., MAX., EDGE AND LOCAL)
AVERAGE POWER DENSITY (W/CC) = 8.7569E+01
MAXIMUM VALUES ACROSS THE GRID
    
```

PPF RAD AVE., GRID POS. 1.2366 8 -C
 PPF RAD MAX., GRID POS. 1.6036 8 -E
 PPF RAD EDGE, GRID POS. 1.7183 8 -E
 PPF RAD LOCAL, GRID POS. 1.6048 3 -E

1
 1 GROUP NEUTRON FLUX (AVERAGE)

1
 1 GROUP NEUTRON FLUX (MAXIMUM)

1
 1 EOC FUEL BURNUP (IN GWD/T AND % LOSS OF U-235)

1
 K-INF AND K-EFF MAPPING

INPUT DATA OF FE/CE WITH ORDERED BURNUP LEVEL FOR NEXT CASE

48 'LIBSI2545.IAF'

'RI-OP0'	1	1.09019E+04	2.48854E+02	1.00000E+00	113 /	6.7940E+00	%
'RI-OL0'	1	1.14110E+04	2.49306E+02	1.00000E+00	76 /	7.1091E+00	%
'RI-OK0'	1	1.18098E+04	2.49052E+02	1.00000E+00	71 /	7.3557E+00	%
'RI-OM0'	1	1.22021E+04	2.48782E+02	1.00000E+00	89 /	7.5981E+00	%
'RI-OO0'	1	1.26158E+04	2.49062E+02	1.00000E+00	107 /	7.8538E+00	%
'RI-ON0'	1	1.40834E+04	2.49945E+02	7.14290E-01	102 /	8.7599E+00	%
'RI-OJ0'	1	2.20217E+04	2.48854E+02	1.00000E+00	118 /	1.3628E+01	%
'RI-OI0'	1	2.37204E+04	2.49062E+02	1.00000E+00	72 /	1.4663E+01	%
'RI-OG0'	1	2.39999E+04	2.48782E+02	1.00000E+00	100 /	1.4833E+01	%
'RI-OE0'	1	2.47368E+04	2.49052E+02	1.00000E+00	82 /	1.5282E+01	%
'RI-OF0'	1	2.48120E+04	2.49306E+02	1.00000E+00	83 /	1.5327E+01	%
'RI-OH0'	1	2.78754E+04	2.49945E+02	7.14290E-01	87 /	1.7186E+01	%
'RI-OD0'	1	3.42728E+04	2.48854E+02	1.00000E+00	90 /	2.1045E+01	%
'RI-OOX'	1	3.56929E+04	2.49306E+02	1.00000E+00	117 /	2.1897E+01	%
'RI-OA0'	1	3.60217E+04	2.48782E+02	1.00000E+00	94 /	2.2094E+01	%
'RI-OC0'	1	3.62942E+04	2.49062E+02	1.00000E+00	106 /	2.2258E+01	%
'RI-OOY'	1	3.69338E+04	2.49052E+02	1.00000E+00	77 /	2.2641E+01	%
'RI-OB0'	1	4.14668E+04	2.49945E+02	7.14290E-01	84 /	2.5346E+01	%
'RI-OOX'	1	4.56397E+04	2.48854E+02	1.00000E+00	112 /	2.7822E+01	%
'RI-OOT'	1	4.63625E+04	2.49306E+02	1.00000E+00	74 /	2.8250E+01	%
'RI-OOU'	1	4.69035E+04	2.48782E+02	1.00000E+00	115 /	2.8569E+01	%
'RI-OOV'	1	4.97602E+04	2.49062E+02	1.00000E+00	97 /	3.0254E+01	%
'RI-OOZ'	1	5.05710E+04	2.49052E+02	1.00000E+00	92 /	3.0731E+01	%
'RI-OOV'	1	5.41817E+04	2.49945E+02	7.14290E-01	105 /	3.2847E+01	%
'RI-00R'	1	5.66613E+04	2.48854E+02	1.00000E+00	116 /	3.4295E+01	%
'RI-000'	1	5.74198E+04	2.48782E+02	1.00000E+00	73 /	3.4736E+01	%
'RI-00N'	1	5.77578E+04	2.49306E+02	1.00000E+00	95 /	3.4933E+01	%
'RI-00Q'	1	5.93104E+04	2.49062E+02	1.00000E+00	75 /	3.5835E+01	%
'RI-00M'	1	6.08461E+04	2.49052E+02	1.00000E+00	99 /	3.6725E+01	%
'RI-00L'	1	6.63191E+04	2.48854E+02	1.00000E+00	108 /	3.9882E+01	%
'RI-00P'	1	6.66093E+04	2.49945E+02	7.14290E-01	98 /	4.0048E+01	%
'RI-00H'	1	6.77702E+04	2.49306E+02	1.00000E+00	81 /	4.0714E+01	%
'RI-00I'	1	7.02531E+04	2.48782E+02	1.00000E+00	85 /	4.2134E+01	%
'RI-00K'	1	7.21383E+04	2.49062E+02	1.00000E+00	93 /	4.3209E+01	%
'RI-00G'	1	7.32379E+04	2.49052E+02	1.00000E+00	104 /	4.3834E+01	%
'RI-00F'	1	7.66968E+04	2.48854E+02	1.00000E+00	101 /	4.5794E+01	%
'RI-00J'	1	7.83779E+04	2.49945E+02	7.14290E-01	91 /	4.6741E+01	%
'RI-00B'	1	7.90209E+04	2.49306E+02	1.00000E+00	103 /	4.7104E+01	%
'RI-00E'	1	8.04795E+04	2.49062E+02	1.00000E+00	114 /	4.7924E+01	%
'RI-00C'	1	8.06479E+04	2.48782E+02	1.00000E+00	88 /	4.8019E+01	%
'RI-00A'	1	8.29178E+04	2.49052E+02	1.00000E+00	80 /	4.9290E+01	%
'RI-451'	1	8.83740E+04	2.47760E+02	1.00000E+00	109 /	5.2326E+01	%
'RI-452'	1	8.87179E+04	2.46640E+02	1.00000E+00	96 /	5.2519E+01	%
'RI-00D'	1	8.93736E+04	2.49945E+02	7.14290E-01	79 /	5.2875E+01	%
'RI-453'	1	9.09867E+04	2.46890E+02	1.00000E+00	111 /	5.3770E+01	%
'RI-454'	1	9.16794E+04	2.46540E+02	1.00000E+00	86 /	5.4152E+01	%
'RI-455'	1	9.33968E+04	2.46980E+02	1.00000E+00	78 /	5.5093E+01	%
'RI-465'	1	9.97884E+04	2.47856E+02	7.14290E-01	110 /	5.8570E+01	%

>GRID-DENSITY

1

NUCLIDE DENSITY AND MASS OF U-235

UNIT	1.0000E-03 /CC.BARN			1.0000E+02 GR/FE				
	10	9	8	7	6	5	4	3
H	0.0000	0.1578	0.1453	0.1110	0.1223	0.1093	0.1583	0.0000
	0.0000	2.3069	2.1251	1.6234	1.7885	1.5978	2.3154	0.0000
G	0.0000	0.1317	0.0758	0.0000	0.0805	0.0864	0.1011	0.0000
	0.0000	1.9263	1.1089	0.0000	0.8412	1.2627	1.4778	0.0000
F	0.1443	0.1443	0.1276	0.0984	0.0773	0.1415	0.0884	0.1572
	2.1096	2.1106	1.3326	1.4393	1.1301	1.4782	1.2930	2.2984
E	0.1343	0.0910	0.1180	0.0000	0.0000	0.0967	0.0000	0.1325

	1.9645	0.9507	1.7249	0.0000	0.0000	1.4142	0.0000	1.9378
D	0.1109	0.0000	0.0801	0.0000	0.0000	0.1188	0.1025	0.1078
	1.6219	0.0000	1.1709	0.0000	0.0000	1.7368	1.0701	1.5756
C	0.1449	0.0922	0.1559	0.0902	0.0956	0.1148	0.1324	0.1569
	2.1184	1.3487	1.6286	1.3185	1.3986	1.1987	1.9359	2.2946
B	0.0000	0.1023	0.0808	0.0702	0.0000	0.0780	0.1228	0.0000
	0.0000	1.4958	1.1810	0.7333	0.0000	1.1412	1.7959	0.0000
A	0.0000	0.1586	0.0887	0.1215	0.1118	0.1331	0.1470	0.0000
	0.0000	2.3191	1.2968	1.7768	1.6348	1.9468	2.1490	0.0000
1								

1
 NUCLIDE DENSITY AND MASS OF U-236
 NUCLIDE DENSITY AND MASS OF U-238
 NUCLIDE DENSITY AND MASS OF PU-239
 NUCLIDE DENSITY AND MASS OF PU-240
 NUCLIDE DENSITY AND MASS OF PU-241
 NUCLIDE DENSITY AND MASS OF PU-242
 NUCLIDE DENSITY AND MASS OF NP-237
 NUCLIDE DENSITY AND MASS OF NP-239
 NUCLIDE DENSITY AND MASS OF AM-241
 NUCLIDE DENSITY AND MASS OF AM-243
 NUCLIDE DENSITY AND MASS OF XE-135
 NUCLIDE DENSITY AND MASS OF SM-149

*END OF CASE

DISKUSI

Nama Penanya : Sukino

Pertanyaan :

Jika tidak mengikuti pola table 4 apa yang akan terjadi ?

Jawaban :

Tidak terjadi keseimbangan manajemen teras, diantaranya : penyebaran volume μ -235, daya dan flux neutron serta suhu sehingga reactor selalu scram dari ion balance lood